

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-218889

(43)Date of publication of application : 18.08.1995

(51)Int.Cl. G02F 1/13

(21)Application number : 07-013275

(71)Applicant : AT &amp; T CORP

(22)Date of filing : 04.01.1995

(72)Inventor : JAMESON RALPH STEPHEN

(30)Priority

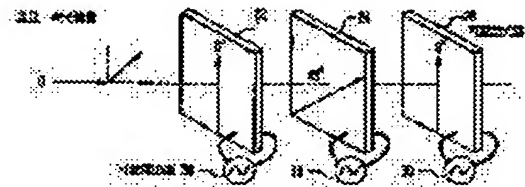
Priority number : 94 176060 Priority date : 03.01.1994 Priority country : US

## (54) AZIMUTHAL POLARIMETER DEVICE

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To rotate a plane of polarization from an arbitrary polarized light state to another possible arbitrary polarized light state by means of azimuthal polarimeters which can be operated purely electrically and have no mobile mechanical parts.

**CONSTITUTION:** An azimuthal polarimeter device comprises three continuous variable azimuthal polarimeters 22, 24, and 26 having optical axes which are deflected from each other by about  $45^\circ$ . In an example, the polarimeters 22, 24, and 26 are respectively comprised of liquid crystal cells aligned in the directions of  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ , and  $0^\circ$  and each cell is variably rotated under the control of the voltage applied across both ends of the cell. When the device is used, a prescribed voltage is applied across the electrodes of each cell so as to control the degree of rotation given by each cell and, as a result, an input polarized light beam which is polarized in a prescribed state appears in arbitrary one of possible polarized light states after the light beam passes through the cells. When using the device for testing an optical device, the attenuation of light caused by the optical device is measured while the voltages applied across the cells are changed so as to generate the above-mentioned polarized light states having the minimum and maximum attenuation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-218889

(43) 公開日 平成7年(1995)8月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/13

識別記号

5 0 5

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-13275

(22) 出願日 平成7年(1995)1月4日

(31) 優先権主張番号 1 7 6 0 6 0

(32) 優先日 1994年1月3日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390035493

エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション

AT&T CORP.

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク  
ニューヨーク アヴェニュー オブ  
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 ラルフ ステファン ジェイムソン  
アメリカ合衆国、18104 ペンシルベニア、  
アレントタウン、ターナー ストリート  
1830

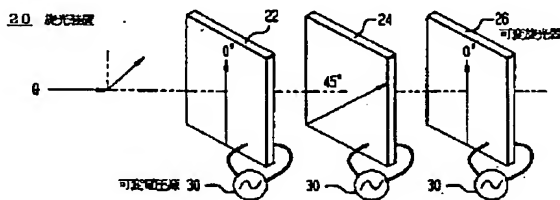
(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

(54) 【発明の名称】 旋光装置

(57) 【要約】

【目的】 純粋に電氣的に動作可能であって可動機械部品のない旋光器により、任意の偏光状態から任意の他の可能な偏光状態に偏光面を回転させる。

【構成】 旋光装置は、互いに約45度の向きの光軸を有する3個の連続する可変旋光器からなる。実施例では、可変旋光器は、順に、0度、45度、および0度の向きの液晶セルからなり、各セルは、セルの両端に加える電圧の制御下で可変回転を行う。使用時には、各セルによって与えられる回転の程度を制御するために各セルの電極に所定の電圧が加えられ、それによって、与えられた偏光状態の入力偏光ビームが、3個のセルの通過後に、すべての可能な偏光状態のうちの任意の偏光状態で現れる。光デバイスの試験に使用するためには、上記のように、最小および最大の減衰を有する偏光状態を生成するために、セル電圧を変化させ、光デバイスによる光の減衰を測定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力光ビームが通る光路に沿って連続して配置され、隣どうしが相互に約45度ずれた光軸を有する3個の変旋光器と、

各旋光器による旋光量を独立に変化させる変化手段とからなる、入力光ビームの偏光状態を他の任意の偏光状態に変化させる旋光装置。

【請求項2】 各旋光器の旋光量が、その旋光器に加えられる電圧の振幅の関数であり、前記変化手段が、各旋光器に接続された可変電圧源からなることを特徴とする請求項1の装置。

【請求項3】 各旋光器が液晶セルからなることを特徴とする請求項2の装置。

【請求項4】 前記光軸が相互に45度±7.5度ずれていることを特徴とする請求項1の装置。

【請求項5】 各旋光器が可変応力水晶板からなることを特徴とする請求項2の装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、旋光器、すなわち、偏光の偏光状態を変化させる装置に関する。

【0002】

【従来の技術】偏光のさまざまな用途において、光の偏光状態を所定の偏光状態に、または、連続して異なるいくつかの状態に変化させることが所望されることが多い。後者の例には、光デバイス（例えば、光ファイバビグテール入力を有する光アイソレータ）の試験があり、これは本発明が特に有用となるものである。

【0003】このようなアイソレータでは、アイソレータを通過する光の減衰の程度は、光の偏光状態の関数である。しかし、アイソレータは、未知のさまざまな偏光状態の光に対して使用されるためのものであるため、減衰の変動範囲は、できる限り小さく、かつ、少なくとも所定の変動範囲内にあることが望ましい。このために、製造制御の一部として、偏光をアイソレータに通過させ、アイソレータから出力される光の強度を、入力光の偏光状態の変化とともにモニタリングする。

【0004】モニタリングプロセスにおいて要求される実際のデータは、与えられた強度の入力光に対する最大および最小の出力光強度である。必要なデータを取得するためには、アイソレータに供給される光には、アイソレータを最大および最小で透過するような偏光状態が含まれることが必要である。

【0005】一般に使用される試験手順は、試験されるデバイスに透過される光の偏光状態を試験手順中に回転させ、デバイスによって最大および最小に減衰される状態を含むさまざまな偏光状態を与えることである。これらの偏光状態は一般に熟練したオペレータによって操作される旋光器によって生成される。このようにして、試験デバイスを出る光の強度を測定する計器をモニタリン

グすることによって、オペレータは、試行錯誤により、すなわち、試験光の偏光状態を実際には知ることなく、旋光器から出てアイソレータを透過する光の偏光状態を順次変えることにより、計器の示度を最大示度まで連続的に増大させるか、または、最小示度まで連続的に減少させる。このようにして、オペレータは、得られた最大および最小の示度が、アイソレータによって与えられる実際の最小および最大の減衰であることを確信する。

【0006】あるタイプの、手動操作の、一般に使用される旋光器は、複数の連続するループに形成されたある長さの連続した光ファイバからなる。各ループは、ループの面内にある共通軸の周りの回転用に並んで装着されたフラップのそれぞれに装着される。フラップを互いに回転させることによって、2つのループの面間の角度を連続的に変化させることができる。光ファイバが曲げられると、すなわち、ループにされると、ファイバの応力が光の複屈折を生じる。ループ相互の角度を調節することによって、ファイバを透過する光の偏光状態が変化する。ループ角度を連続的に変化させることによって、異なる偏光状態が生成される。

【0007】このようなループファイバを使用して偏光状態を変化させることは、ケーラー(Koeiler)、パウワー(Bower)、「インラインシングルモードファイバ偏光コントローラ・・・(In-line Single-mode Fiber Polarization Controllers ...)」、Applied Physics, 第24巻第3号(1985年2月1日)に記載されている。

【0008】一般に、上記の、手動操作のフラップ旋光器を使用した試験プロセスは、旋光器からすべての可能な偏光状態が使用可能である場合には、正確な試験結果、すなわち、最大および最小の光強度を与える。しかし、試験手順は遅く面倒であり、疲労および退屈を伴うため、熟練したオペレータであっても容易に誤りをする可能性がある。自動化をしても、このプロセスは、フラップの物理的移動を伴うため、本質的に遅い。また、ファイバの光の透過は、ファイバのねじれの程度の関数であり、フラップの操作中にファイバねじれを変化させることによって、変化する透過損失が導入され、これは試験データを歪ませることがある。

【0009】従って、所望される目標は、回転可能フラップ旋光器をより実際のな装置、特に、純粹に電気的に動作可能であって可動機械部品のないものに置き換えることである。これは本発明によって実現される。

【0010】しかし、はじめに注意されるべきことであるが、電気的に動作可能な旋光器の使用は周知でありかつ市販されており、特に本発明に関連する装置は「セナーモン旋光器(Senarmont Rotator)」として知られているものである。この旋光器は、透過する偏光を回転させるのに有効であることが知られているねじれネマチック型の液晶セルを利用する。この旋光器では、液晶セルは、固定した4分の1波長板に対して45度の光軸で使

用される。4分の1波長板は、透過する偏光に一定の回転角度を与え、液晶は、セルの電極に加える電圧に応じて、可変回転角度を与える。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】セナーモント旋光器の目的は、既知の直線偏光状態にある入力光ビームを、他の所定の直線偏光状態に対して回転させることである。しかし、直線偏光状態は、すべての可能な偏光状態のうちのほんの小部分しか含まないため、セナーモント旋光器は、上記のようなタイプの、未知の偏光状態の試験光をすべての可能な偏光状態のうちの任意のものに回転させることが要求される試験手順には使用されない。

【0012】

【課題を解決するための手段】任意の偏光状態から任意の他の可能な偏光状態に偏光を回転させるために、本発明の装置は、互いに約45度の向きの光軸を有する3個の連続する可変旋光器からなる。好ましい実施例では、可変旋光器は、順に、0度、45度、および0度の向きの液晶セルからなり、各セルは、セルの両端に加える電圧の制御下で可変回転を行う。使用時には、各セルによって与えられる回転の程度を制御するために各セルの電極に所定の電圧が加えられ、それによって、与えられた偏光状態の入力偏光ビームが、3個のセルの通過後に、すべての可能な偏光状態のうちの任意の偏光状態で現れる。

【0013】光デバイスの試験に使用するためには、上記のように、最小および最大の減衰を有する偏光状態を生成するために、セル電圧を変化させ、光デバイスによる光の減衰を測定する。

【0014】

【実施例】本発明の説明のために、「ポアンカレ球」を利用する。ポアンカレ球は、例えば、ボルン(Born)、ヴォルフ(Wolf)共著「光学の原理(Principles of Optics)」第6版、ベルガモン・プレス、ニューヨーク(1986年)第30~36ページ、に記載されている。この文献で説明されているように、単色平面波のあらゆる可能な偏光状態に対して、ポアンカレ球の球面上の1点に対応する。また、前掲のケーラーとパウワーの論文に記載されているように、場合によっては、光ビームの偏光状態の変化、すなわち、ポアンカレ球上の1点から他の1点への変化を、ある特定の軸の周りの球面の回転によって生じる球面上に投影された線として、追跡することが可能である。例えば、4分の1波長板に偏光を通過させた結果は、その4分の1波長板の方向によって定まる軸の周りにポアンカレ球を90度回転させることによって表現することができる。

【0015】図1に、X軸、Y軸、Z軸の周りに形成されたポアンカレ球を示す。球面上の各点は、特定の偏光状態に対応する一意的な3つの座標のセットを有する。ボルンとヴォルフの前掲書の第31ページに説明されて

いるように、直線偏光は、赤道面内の点によって、すなわち、X-Y平面内にある大円(E)上にある点によって表現される。

【0016】図1は、上記のセナーモント旋光器の動作を示している。セナーモント旋光器は、可変波長板旋光器10(例えば、液晶セル)と、4分の1波長板12とからなる(図2)。入力光ビームPは、2つの旋光器10および12を連続して通過する。セナーモント旋光器は、指定した偏光面の直線偏光の入力ビームを、所定の偏光面の直線偏光の出力ビームに回転するために使用される。分析のために、この指定した平面は、任意に、垂直に向いたものとして定義される。これは、入力光Pを表す点P<sub>1</sub>(図1)をX軸の直上(赤道円E上0度)に置く。第1の旋光器10(図2)は、入力光の偏光面に対して45度の光軸の向きを有する。

【0017】ここでは、旋光器の光軸は、旋光器が入射光の偏光を回転しないように、入射直線偏光の偏光の向きである。

【0018】ケーラーとパウワーの前掲論文に記載されているように、所定の基準方向に対してある角度Aの向きの旋光器に光を通過させることは、その基準方向を表す点から角度2Aの位置にある軸の周りのポアンカレ球の回転に対応する光の回転を生じる。従って、点P<sub>1</sub>(基準方向として0度を選択されている)に対して第1の旋光器10の向きを45度とすることにより、ポアンカレ球の回転軸はP<sub>1</sub>から90度離れた軸、すなわち、ポアンカレ球のY軸上にある。

【0019】ポアンカレ球の回転量は、旋光器によって与えられる回転量の関数である。セナーモント旋光器では、液晶セル旋光器10は、セルの2つの電極に加える電圧の振幅の制御下にある可変旋光器である。従って、旋光器10の光に対する効果は、図1では、点P<sub>1</sub>を、X-Z平面内の大円Fに沿ってある点P<sub>2</sub>まで移動するY軸の周りのポアンカレ球の部分回転として図示される。このようにして、P<sub>1</sub>は、大円F上の任意の点まで回転すなわち「写像」されることが可能である。

【0020】球面上のP<sub>2</sub>にある回転された光は、次に、光の一定回転を行う4分の1波長板12を通過する。旋光器12は、入力光に対して0度の向きであり、従って、この旋光器による光の回転は、X軸の周りのポアンカレ球の90度の回転に対応する。よって、点P<sub>2</sub>は、大円F上のどこに位置していても、赤道の大円Eへと回転され、この例では点P<sub>3</sub>に回転される。このようにして、第1の旋光器10によって与えられる回転量を選択することによって、直線偏光入力ビーム(点P<sub>1</sub>)は大円F上の任意の点に回転され、さらにそこから、赤道円E上の対応する点に回転されることにより、任意の可能な直線偏光状態に回転される。

【0021】セナーモント旋光器では、直線偏光は他のすべての可能な直線偏光状態に回転することができる。

しかし、このことは、上記のような、ポアンカレ球の言葉でいえば、球面上の任意の点から球面上の他の任意の点への回転を必要とするようなタイプの旋光器に対する要求はほとんど満足することにならない。

【0022】これは、本発明によれば、以下のようにして達成される。図3に示すように、旋光装置20は、3個の連続する可変旋光器22、24、および26からなる。これらの旋光器は、周知のタイプのもの、すなわち、上記のセナーモント旋光器の可変旋光器10に使用されたようなねじれネマチック型の液晶セルでよい。

【0023】図3に概略的に示したように、可変電圧源30が各液晶セルの電極に接続され、それによって、各セルに加える電圧を、他のセルに加える電圧とは独立に変化させることができる。このようにして、各セルによって与えられる光の回転を独立に変化させることができる。

【0024】これらの3個の旋光器は、互いにおよそ（これについては後述）45度、すなわち、それぞれ0度、45度、0度の向きである。入力偏光はこれらの3個の可変旋光器を通過し、各旋光器を通る光の回転は、ポアンカレ球の回転としては（図4）、最初にX軸（0度）の周り、次にY軸（45度）の周り、次に再びX軸（0度）の周りという連続回転によって表現される。旋光器の向きを0度、45度および90度にしても、X軸、Y軸およびX軸の周りの連続回転を生じる。

【0025】各セルの2つの電極に加える電圧の制御下でそれぞれ可変なこのようなポアンカレ球回転の結果、球面上の任意の（すなわち、未知の）点Qを球面上の他の任意の点に写像することができる。この例を、図4とともに説明する。

【0026】図4の点Q<sub>1</sub>はある楕円偏光ビームに対応する。この光ビームを第1の旋光器22に通過させることは、ポアンカレ球のX軸の周りの回転に対応し、点Q<sub>1</sub>は弧Hに沿ってある大円F上の点Q<sub>2</sub>に移動する。次に、ポアンカレ球のY軸の周りの回転（旋光器24を通過させること）により点Q<sub>2</sub>は大円Fに沿って大円F上の任意の点Q<sub>3</sub>に移動する。再びポアンカレ球のX軸の周りの回転（旋光器26）により点Q<sub>3</sub>は弧Jに沿ってその弧上の任意の点Q<sub>4</sub>に移動する。

【0027】明かなように、この3個の連続するポアンカレ球回転によって、球面上の任意の点は球面上の他の任意の点に到達することができる。おそらく自明でないことは、このような回転が2個だけではなく3個必要であるということであろう。2個の連続回転では十分でない場合の例を図5とともに説明する。

【0028】0度の直線偏光がまず0度の旋光器に入射し、次に45度の旋光器に入射する場合、第1の旋光器（22）はその光の偏光状態には何の効果も及ぼさない。従って、大円Fによって表される偏光状態のみが第2の偏光器（24）による回転によって到達しうる。よ

って、ポアンカレ球全体に到達するには第3の偏光器が必要となる。

【0029】上記のように、可変旋光液晶セルは既知である。このようなセルは、例えば、メドウラーク・オプティクス(Meadowlark Optics)、米国コロラド州ロングモント、から市販されている。

【0030】また、現時点では可変液晶旋光器が好ましいが、他の知られている電氣的に動作可能な可変旋光器も使用可能である。一例としては、可変応力水晶板がある。これは、板を通過する光の回転の程度が板の機械的応力の関数であるようなものである。可変の機械的応力は、板の表面に電氣的に動作するピエゾ電気トランスデューサを装着することによって得られる。

【0031】上記のように、本発明の可変旋光器は、液晶セルの電極に加える電圧を変化させることによって動作する。これは、前記の回転可能フラップ旋光器の場合と同様に行うことが可能である。すなわち、オペレータは、出力光の偏光状態、すなわち、試験中のデバイスを通過する光の振幅をモニタリングし、生じた結果に応じて異なる電極電圧に変化させることができる。このプロセスは、適当にプログラムされたコンピュータ手段を使用して自動化することもできる。

【0032】このような試験処理では、入力光の偏光状態は一般に未知である。これは、たとえ光源からの偏光の状態は既知であっても、光が柔軟な光ファイバケーブルを通過して試験中のデバイスに到達するまでに偏光状態の回転は変動しうる。従って、試験手順においては、旋光器は任意の入力状態からすべての可能な偏光状態を生成することが可能でなければならない。

【0033】逆に、入力状態および出力状態が既知であれば、3個のセルに加える電圧は、以前の経験に基づき、参照表を使用することによって、事前に選択することが可能である。

【0034】上記のように、3個の旋光器の光軸は互いに45度の向きである。3個の旋光器は、到達可能な出力状態におけるいかなるギャップもさけるために使用される。しかし、3個の旋光器の使用は、ある程度の冗長性すなわちオーバーラップを生じる。すなわち、球面上のほとんどの入力点は、いくつかの異なる経路で球面上の任意の他の点に到達しうる。これが意味することは、これらの旋光器の光軸が互いに厳密に45度ずれていなくても、すべての可能な入力状態からのすべての可能な出力状態のフォールオフ率は比較的ゆっくりと生じる。実際には、連続する旋光器の光軸が互いに45度±7.5度に配置されれば、概して十分な結果が得られる。

【0035】本発明の可変旋光器はここでは概略的に説明したが、実際の装置をどのようにして構成するかは当業者には明らかである。その理由は、旋光器は一般に既知であり、特に、可変の電氣的に動作可能な液晶セル旋光器は、市販され、光学装置で一般に使用されているか

らである。

【0036】最後に、可変旋光器の使用は既知であるが、このような旋光器は前記の機械的フラップ旋光器の電氣的等価物ではない。このようなフラップ旋光器では、各フラップによる光リターデーションの程度は固定されており、異なる回転量は、異なるフラップ間のリターデーションの角度を変化させることによって実現される。これに対して、可変旋光器（例えば、本発明で使用する液晶旋光器）では、旋光器の光リターデーションの角度は固定されているが、リターデーションの程度は

可変である。

【0037】  
【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、純粹に電氣的に動作可能であって可動機械部品のない旋光器により、任意の偏光状態から任意の他の可能な偏光状態に偏光面を回転させることが実現される。

【図面の簡単な説明】

\*

\*【図1】旋光器の機能を解析するために使用されるポアンカレ球として知られる数学的構成の図である。

【図2】セナーモント旋光器の概略図である。

【図3】本発明による旋光器の概略図である。

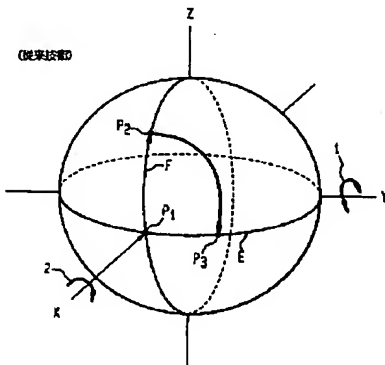
【図4】旋光器の機能を解析するために使用されるポアンカレ球として知られる数学的構成の図である。

【図5】旋光器の機能を解析するために使用されるポアンカレ球として知られる数学的構成の図である。

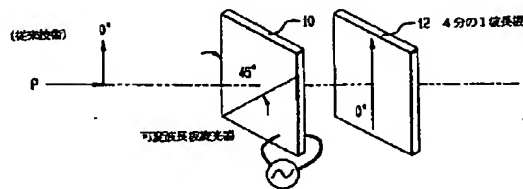
【符号の説明】

- |    |          |
|----|----------|
| 10 | 可変波長板旋光器 |
| 12 | 4分の1波長板  |
| 20 | 旋光装置     |
| 22 | 可変旋光器    |
| 24 | 可変旋光器    |
| 26 | 可変旋光器    |
| 30 | 可変電圧源    |

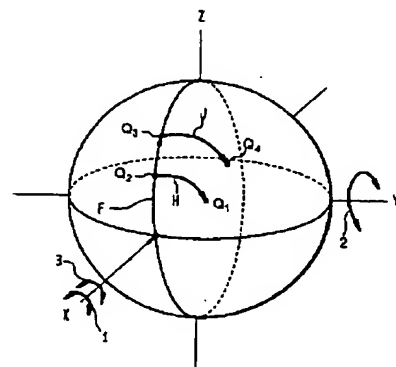
【図1】



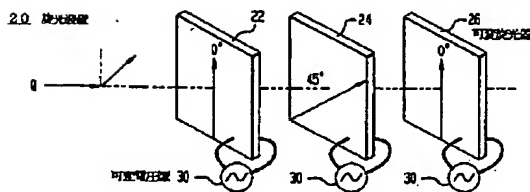
【図2】



【図4】



【図3】



(6)

特開平7-218889

【図5】

